

PUB-NO: DE019802535A1
DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 19802535 A1
TITLE: Micro-actuator with electrostatic drive
PUBN-DATE: July 29, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HESELBACH, JUERGEN PROF DR ING	DE
OH, HYEON-SEOK DR ING	KR

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HESELBACH JUERGEN PROF DR ING	DE

APPL-NO: DE19802535

APPL-DATE: January 23, 1998

PRIORITY-DATA: DE19802535A (January 23, 1998)

INT-CL (IPC): H02N001/00

EUR-CL (EPC): H02N001/00

ABSTRACT:

CHG DATE=19991102 STATUS=O>A micro-actuator with an electrostatic drive consists of a plus electrode (2) and a minus electrode (3) which can be connected across a high voltage source via a controllable switch. The two electrodes are each formed by a thin strip of conducting material and are each folded at right angles to one another in sections, alternating and over one another to form a trapezoidal electrode packet (1) of variable height. Between the electrode layers folded over one another of different polarity is a thin insulation (4) of non-conducting material. The lowest electrode

layer
connected to a lower foot (6), and the highest electrode layer
connected to an
upper foot (7), and the two electrodes forming the electrode packet,
are guided
between self-enclosing feet relative to one another with variable
spacing.



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 02 535 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 02 N 1/00

②1 Aktenzeichen: 198 02 535.1
②2 Anmeldetag: 23. 1. 98
④3 Offenlegungstag: 29. 7. 99

DE 198 02 535 A 1

⑦1 Anmelder:
Hesselbach, Jürgen, Prof. Dr.-Ing., 38300
Wolfenbüttel, DE

⑦4 Vertreter:
GRAMM, LINS & PARTNER, 38122 Braunschweig

⑦2 Erfinder:
Hesselbach, Jürgen, Prof. Dr.-Ing., 38300
Wolfenbüttel, DE; Oh, Hyeon-Seok, Dr.-Ing., Busan,
KR

⑤5 Entgegenhaltungen:
DE-PS 9 00 259
DE 1 96 11 446 A1
US 54 34 464
WO 95 01 079
JP 05-2 19 760 A

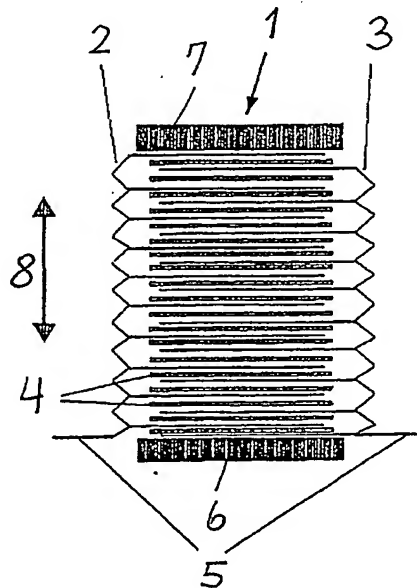
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Mikroaktor

⑤7 Die Erfindung betrifft einen Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb, bestehend aus einer Plus-Elektrode (2) und einer Minus-Elektrode (3), die über einen steuerbaren Schalter (12) an eine Hochspannungsquelle (11) legbar sind.

Zur Erhöhung der Leistung und zur Vereinfachung der Herstellung wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die beiden Elektroden (2, 3) jeweils durch einen dünnen Streifen aus leitendem Material gebildet und zur Formung eines viereckigen, höhenvariablen Elektrodenpaketes (1) jeweils rechtwinklig zueinander abschnittsweise abwechselnd übereinander gefaltet sind, wobei zwischen den übereinander gefalteten Elektrodenlagen unterschiedlicher Polarität jeweils eine dünne Isolierung (4; 16) aus nichtleitendem Material vorgesehen ist und die unterste Elektrodenlage mit einem unteren Fuß (6) und die oberste Elektrodenlage mit einem oberen Fuß (7) verbunden und die beiden das Elektrodenpaket (1) zwischen sich einschließenden Füße (6, 7) relativ zueinander abstandsveränderlich geführt sind.



DE 198 02 535 A 1

Die Erfindung betrifft einen Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb, bestehend aus einer Plus-Elektrode und einer Minus-Elektrode, die über einen steuerbaren Schalter an eine Hochspannungsquelle legbar sind.

Mikroaktoren finden in der Mikrosystemproduktion Verwendung. Für den Antrieb der Mikroaktoren sind elektrostatische Kräfte geeignet, da sich in den engen Lücken zwischen gegenüberliegenden Elektroden unterschiedlicher Polarität eine starke elektrostatische Kraft erzeugen läßt. Nachteilig bei bisher bekanntgewordenen Mikroaktoren ist jedoch ihre für praktische Anwendungen häufig ungenügende Verstellkraft.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen einfach herzustellenden Mikroaktor zu entwickeln, mit dem sich die für praktische Anwendungen notwendigen großen Verstellkräfte erzeugen lassen.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die beiden Elektroden jeweils durch einen dünnen Streifen aus leitendem Material gebildet und zur Formung eines viereckigen, höhenvariablen Elektrodenpaketes jeweils rechtwinklig zueinander abschnittsweise abwechselnd übereinander gefaltet sind, wobei zwischen den übereinander gefalteten Elektrodenlagen unterschiedlicher Polarität jeweils eine dünne Isolierung aus nichtleitendem Material vorgesehen ist und die unterste Elektrodenlage mit einem unteren Fuß und die oberste Elektrodenlage mit einem oberen Fuß verbunden und die beiden das Elektrodenpaket zwischen sich einschließenden Füße relativ zueinander abstandsveränderlich geführt sind.

Dabei ist es grundsätzlich möglich, daß die Isolierung durch eine Lackbeschichtung von zumindest einem der beiden Elektrodenstreifen gebildet ist.

In einer abgewandelten Ausführungsform kann es jedoch zweckmäßig sein, wenn die Isolierung durch einen treppenförmig gestalteten Streifen gebildet ist, der sich aus viereckigen Abschnitten zusammensetzt, deren Breite doppelt so groß ist wie die Breite der Elektrodenstreifen, und der unter 45° bzw. 135° zu den Elektrodenstreifen bei jeweils parallel zu ihnen liegenden Abschnitten mit jeweils halbem Abschnitt abwechselnd über den einen und nachfolgend über den über ihn gefalteten anderen Elektrodenstreifen gefaltet ist.

Fertigungstechnisch vorteilhaft ist bei den erfindungsgemäßen Lösungen, daß sich das Elektrodenpaket aus endlosen Streifen durch bloße Faltungen herstellen läßt, so daß bei den Elektroden und Isolatoren Nähte, sonstige Verbindungen, Lötstellen und dergleichen entfallen. Elektrische Störungen durch Verbindungsfehler können somit nicht auftreten.

Die sich gegenseitig umschlingende Struktur zwischen den Elektrodenstreifen und gegebenenfalls auch dem Isolierstreifen ergibt bei dem Hub des Elektrodenpaketes einen besonders weichen und sanften Federeffekt, so daß zur Erzielung der Federfunktion keine separate Struktur erforderlich ist. Dennoch baut der erfindungsgemäße Mikroaktor kompakt und stabil, so daß eine große Zahl von übereinanderliegenden Elektrodenlagen vorgesehen werden kann. Hierdurch lassen sich wiederum große Verstellkräfte und insbesondere auch große Arbeitshübe erzeugen, wobei sich Verstellkraft und Hubgröße durch Veränderung der angelegten Spannung variieren lassen.

Aufgrund seiner eigenen Federfunktion nimmt das Elektrodenpaket bei abgeschalteter Spannung seine größte Ausdehnung ein; es wird also eine nach oben gerichtete Ausdehnungskraft erzeugt. Durch Anlegen einer Spannung werden zwischen den sich gegenüberliegenden Kontaktflächen

der Elektroden unterschiedlicher Polarität Anziehungskräfte erzeugt, die zu einer Verkürzung der gegenseitigen Elektrodenabstände und damit des gesamten Elektrodenpaketes führen. Diese Verkürzungskraft ist der Ausdehnungskraft entgegengerichtet.

Soweit vorstehend oder nachfolgend von oben bzw. "unten" die Rede ist, soll dies nur beispielhaft gelten. Die Arbeitshübe des erfindungsgemäßen Mikroaktors können auch in horizontaler Richtung oder geneigt zur Horizontalen erfolgen.

Weitere Merkmale der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche und werden in Verbindung mit weiteren Vorteilen der Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

In der Zeichnung sind einige als Beispiele dienende Ausführungsformen der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 einen lotrechten Schnitt durch einen naht losen elektrostatischen Mikroaktor;

Fig. 2 in einer Darstellung gemäß Fig. 1 einen in ein Gestell eingebauten Mikroaktor in spannungslosem Zustand;

Fig. 3 den Mikroaktor gemäß Fig. 2 bei angelegter Spannung;

Fig. 4 in perspektivischer Darstellung ein Falprinzip eines nahtlosen elektrostatischen Mikroaktors;

Fig. 5 die ersten sechs Schritte eines Faltverfahrens zur Herstellung eines naht losen elektrostatischen Mikroaktors aus zwei mit einer Isolierlackierung versehenen Elektrodenstreifen;

Fig. 6 in einer Darstellung gemäß Fig. 5 zwölf Verfahrensschritte eines Faltverfahrens zur Herstellung eines nahtlosen Mikroaktors aus zwei Elektrodenstreifen und einem Isolierstreifen und

Fig. 7 das Faltverfahren gemäß Fig. 6 unter Verwendung von Elektrodenstreifen mit diskreten Elektrodenabschnitten.

Fig. 1 zeigt schematisch Aufbau und Funktion eines erfindungsgemäß hergestellten Elektrodenpaketes 1 für einen Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb. Das Elektrodenpaket 1 setzt sich zusammen aus einem nahtlos gefalteten Elektrodenstreifen 2 (Plus-Elektrode), einem ebenfalls nahtlos gefalteten Elektrodenstreifen 3 (Minus-Elektrode) und einem die einzelnen Lagen dieser beiden Elektrodenstreifen 2, 3 isolierend voneinander trennenden, ebenfalls nahtlos gefalteten Isolierstreifen 4. Die beiden Kontaktpunkte der Elektrodenstreifen 2, 3 sind mit dem Bezugszeichen 5 versehen. Die unterste Elektrodenlage ist mit einem unteren Fuß 6 und die oberste Elektrodenlage mit einem oberen Fuß 7 verbunden. Der eingezeichnete Doppelpfeil 8 symbolisiert die Hubbewegungen des Elektrodenpaketes 1.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ist das Elektrodenpaket 1 gemäß Fig. 1 eingesetzt in ein Gestell, das einen stationären oberen Boden 9 aufweist, der in konstantem Abstand zum unteren Fuß 6 gehalten wird durch Stützen 10, die zugleich als Führung für den höhenverschiebbaren oberen Fuß 7 dienen und außerdem eine elektrisch leitende Verbindung zwischen einer Hochspannungsquelle 11 und den beiden Elektrodenstreifen 2, 3 bilden. Bei geöffnetem Schalter 12 (Fig. 2) liegt das Elektrodenpaket 1 unter Einwirkung seiner durch den Pfeil 13 symbolisierten Feder- bzw. Ausdehnungskraft mit seinem oberen Fuß 7 an dem Boden 9 an, der somit einen Anschlag für die maximale Federausdehnung des Elektrodenpaketes 1 bildet.

Wird der Schalter 12 geschlossen (Fig. 3), so zieht sich das Elektrodenpaket 1 unter Einwirkung der durch den Pfeil 14 symbolisierten elektrostatischen Kräfte zusammen; der obere Fuß 7 wird – geführt durch die Stützen 10 – nach unten gezogen, bis er auf einer einen unteren Anschlag bildenden Ringschulter 15 der Stützen 10 aufliegt, wie es Fig. 3

zeigt.

Die Fig. 2 und 3 machen deutlich, daß der erfindungsge-
mäßige Mikroaktor kompakt und stabil baut, zugleich aber
lange Arbeitswege ermöglicht. Dabei ist z. B. eindringender
Staub ohne schädlichen Einfluß auf die Arbeitshöhe des Mi-
kroaktors.

Fig. 5 zeigt anhand von sechs aufeinanderfolgenden Ar-
beitsschritten ein Beispiel für die Faltung eines nahtlosen
Elektrodenpaketes aus zwei Elektrodenstreifen 2, 3, von de-
nen zumindest einer beidseitig mit einer elektrisch isolierenden
Lackbeschichtung 16 versehen ist. Im übrigen besteht
jeder Elektrodenstreifen 2, 3 aus einem dünnen leitenden
Material. Die beiden jeweils mit einem Kontaktpunkt 5 ver-
sehenen Elektrodenstreifen 2, 3 werden rechtwinklig zuein-
ander angeordnet (erster Schritt (a) und dann gemäß (b)
übereinander gelegt und gegebenenfalls miteinander ver-
klebt. Dann wird gemäß dem Arbeitsschritt (c) der Elektro-
denstreifen 3 um 180° über den Elektrodenstreifen 2 hinweg
nach links gefaltet; der Elektrodenstreifen 2 wird dann ge-
mäß dem Verfahrensschritt (d) um 180° über den Elektro-
denstreifen 3 nach unten gefaltet; anschließend wird der
Elektrodenstreifen 3 gemäß dem Schritt (e) um 180° nach
rechts über den Elektrodenstreifen 2 hinweg gefaltet, der
dann seinerseits wiederum um 180° über den Elektroden-
streifen 3 hinweg nach oben gestaltet wird. Diese Faltungen
wiederholen sich entsprechend der gewünschten Höhe des
Elektrodenpaketes bzw. der gewünschten Verstärkung und/
oder dem gewünschten Hub des Mikroaktors.

Fig. 4 zeigt in perspektivischer Ansicht die Faltung eines
Elektrodenpaketes unter Zwischenschaltung eines Isolier-
streifens 4. Die einzelnen Faltschritte zur Herstellung dieses
Elektrodenpaketes 1 zeigt Fig. 6. Dabei erfolgt die Faltung
der Elektrodenstreifen 2, 3 analog zur Darstellung der Fig. 5
jedoch unter Zwischenschaltung des Isolierstreifens 4, der
treppenförmig gestaltet ist und sich aus viereckigen Ab-
schnitten 17 zusammensetzt, deren Breite b doppelt so groß
ist wie die Breite B der Elektrodenstreifen 2, 3. In der Aus-
gangsstellung schließt der Isolierstreifen 4 mit dem Elektro-
denstreifen 2 einen Winkel von 45° und mit dem Elektro-
denstreifen 3 einen Winkel von 135° ein, wobei die Ab-
schnitte 17 mit ihrer Breite b jeweils parallel zum Elektro-
denstreifen 3 ausgerichtet sind. Gemäß dem Verfahrenss-
schritt (b) wird der Isolierstreifen 4 mit der halben Breite
seines untersten Abschnitts 17 auf den Elektrodenstreifen 3
gelegt und dann in seinem Überlappungsbereich von dem
Elektrodenstreifen 2 übergriffen, wie es der Verfahrenss-
schritt (c) verdeutlicht. Anschließend wird dann der Isolier-
streifen 4 um 180° über den Elektrodenstreifen 2 hinweg
nach rechts gefaltet (siehe (d)); durch Faltung des Elektro-
denstreifens 3 um 180° aus der rechten Position in die im
Verfahrensschritt (e) dargestellte linke Position wird dann
der Isolierstreifen 4 in dem genannten Überlappungsbereich
wieder übergriffen. Die weiteren Faltschritte erfolgen ge-
mäß (f) bis (m).

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 7 unterscheidet sich
von dem der Fig. 6 lediglich dadurch, daß die beiden Elek-
trodenstreifen 2 und 3 auf der einen Seite eine viereckige
Unebenheitsstruktur 2a bzw. 3a und auf der anderen Seite
eine geradlinige Struktur 2b bzw. 3b aus einem leitenden
Material aufweisen. Die Faltschritte (a) bis (m) entsprechen
denen der Fig. 6.

Patentansprüche

1. Mikroaktor mit elektrostatischem Antrieb, beste-
hend aus einer Plus-Elektrode (2) und einer Minus-
Elektrode (3), die über einen steuerbaren Schalter (12)
an eine Hochspannungsquelle (11) legbar sind, da-

durch gekennzeichnet, daß die beiden Elektroden (2,
3) jeweils durch einen dünnen Streifen aus leitendem
Material gebildet und zur Formung eines viereckigen,
höhenvariablen Elektrodenpaketes (1) jeweils recht-
winklig zueinander abschnittsweise abwechselnd über-
einander gefaltet sind, wobei zwischen den übereinan-
der gefalteten Elektrodenlagen unterschiedlicher Pola-
rität jeweils eine dünne Isolierung (4; 16) aus nichtlei-
tendem Material vorgesehen ist und die unterste Elek-
trodenlage mit einem unteren Fuß (6) und die oberste
Elektrodenlage mit einem oberen Fuß (7) verbunden
und die beiden das Elektrodenpaket (1) zwischen sich
einschließenden Füße (6, 7) relativ zueinander ab-
standsveränderlich geführt sind.

2. Mikroaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeich-
net, daß der untere Fuß (6) stationär angeordnet ist, und
der obere Fuß (7) das Antriebselement bildet.

3. Mikroaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der obere Fuß (7) an Führungen (10,
15) geführt ist, die zugleich eine leitende Verbindung
zwischen der Hochspannungsquelle (11) und den bei-
den Elektrodenstreifen (2, 3) bilden.

4. Mikroaktor nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch ge-
kennzeichnet, daß der obere Fuß (7) in spannungs-
freiem Zustand des Elektrodenpaketes (1) an einem
oberen Anschlag (9) und bei angelegter Spannung an
einem unteren Anschlag (15) anliegt.

5. Mikroaktor nach einem der vorhergehenden An-
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolierung
durch eine Lackbeschichtung (16) von zumindest ein-
em der beiden Elektrodenstreifen (2, 3) gebildet ist
(Fig. 5).

6. Mikroaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, da-
durch gekennzeichnet, daß die Isolierung durch einen
treppenförmig gestalteten Streifen (4) gebildet ist, der
sich aus viereckigen Abschnitten (17) zusammensetzt,
deren Breite (b) doppelt so groß ist wie die Breite (B)
der Elektrodenstreifen (2, 3), und der unter 45° bzw.
 135° zu den Elektrodenstreifen (2, 3) bei jeweils paral-
lel zu ihnen liegenden Abschnitten (17) mit jeweils hal-
bem Abschnitt (17) abwechselnd über den einen und
nachfolgend über den über ihn gefalteten anderen Elek-
trodenstreifen (2, 3) gefaltet ist (Fig. 6).

7. Mikroaktor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeich-
net, daß jeder Elektrodenstreifen (2, 3) diskrete Elek-
trodenabschnitte (2a, 3a) aufweist, die untereinander
durch einen Leiter (2b, 3b) aus leitendem Material ver-
bunden sind (Fig. 7).

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

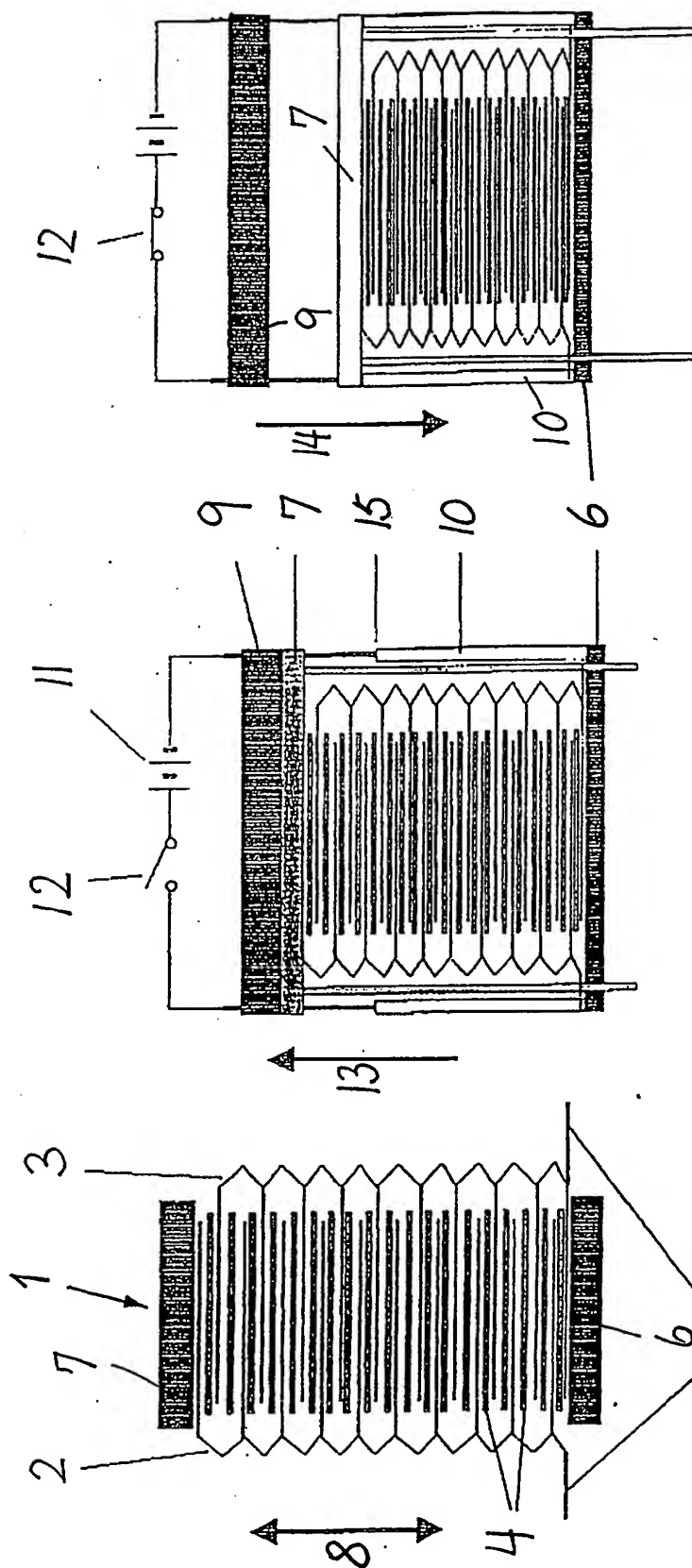
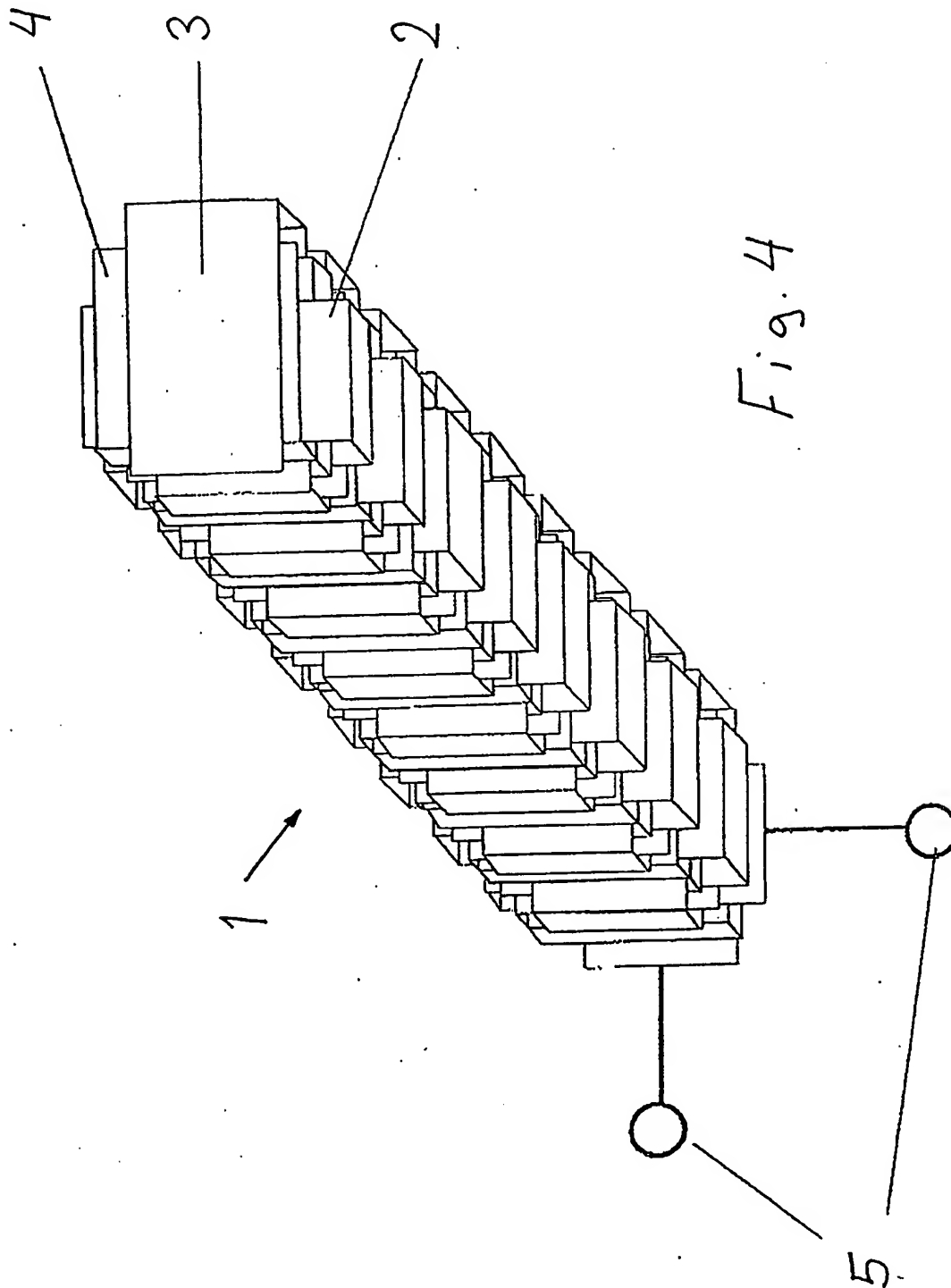


Fig 3

Fig 2

Fig 1



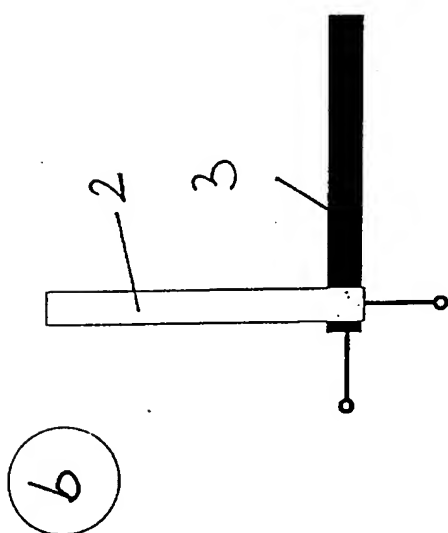
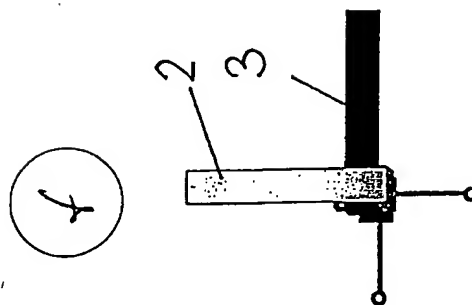
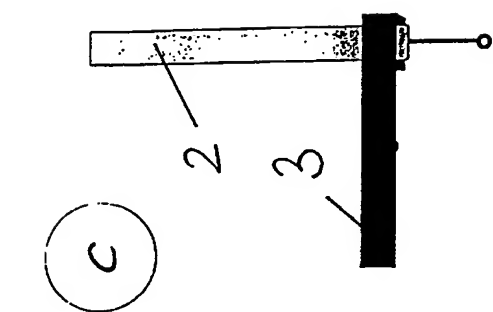


Fig. 5

